

**This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problems Mailbox.**

This Page Blank (uspto)

G 98/068



⑮ **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 198 20 195 A 1**

⑤ Int. Cl.⁶:
C 23 C 4/12

⑳ Aktenzeichen: 198 20 195.8
㉔ Anmeldetag: 6. 5. 98
㉕ Offenlegungstag: 11. 11. 99

DE 198 20 195 A 1

㉑ **Anmelder:**
Linde AG, 65189 Wiesbaden, DE

㉒ **Erfinder:**
Heinrich, Peter, Dipl.-Ing. (FH), 82110 Germering, DE; Krömmmer, Werner, 84034 Landshut, DE; Larides, Klaus, Prof. Dr., 81479 München, DE; Waas, Christopher, Dipl.-Ing., 23795 Bad Segeberg, DE; Zierhut, Jochen, Dipl.-Ing., 85521 Ottobrunn, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

- ⑤④ **Qualitätssicherung beim thermischen Spritzen**
⑤⑦ Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erzeugung einer Spritzschicht auf der Oberfläche eines Substrates, wobei ein gegebenenfalls an- oder aufgeschmolzener Zusatzwerkstoff unter Einsatz eines Gases oder Gasgemisches auf die beschichtende Oberfläche des Substrates geleitet wird, sowie eine zugehörige Anlage zur Erzeugung der Spritzschicht mittels eines thermischen Spritzverfahrens, wobei die Anlage Mittel zum Zuführen des Zusatzwerkstoffes und des Gases oder Gasgemisches umfaßt. Erfindungsgemäß wird mittels einer digitalen Kamera zumindest ein die Qualität der Spritzschicht beeinflussendes Merkmal des thermischen Spritzprozesses erfaßt, kontrolliert und/oder überwacht. Als Digitalkamera können sowohl digitale Bildkameras wie auch digitale Videokameras eingesetzt werden. Mit Vorteil kann die Erfassung, Kontrolle und/oder Überwachung mit der digitalen Kamera zur Regelung und gegebenenfalls zur Optimierung eines oder mehrerer Parameter verwendet werden.

DE 198 20 195 A 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erzeugung einer Spritzschicht auf der Oberfläche eines Substrates, wobei ein an- oder aufgeschmolzener Zusatzwerkstoff unter Einsatz eines Gases oder Gasgemisches auf die zu beschichtende Oberfläche des Substrates geleitet wird. Die Erfindung betrifft ferner eine Anlage zur Erzeugung einer Spritzschicht auf der Oberfläche eines Substrates mittels eines thermischen Spritzverfahrens umfassend Mittel zum Zuführen eines an- oder aufgeschmolzenen Zusatzwerkstoffes und eines Gases oder Gasgemisches.

Als Verfahrensvarianten des thermischen Spritzens zum Beschichten sind grundsätzlich das autogene Flammsspritzen, das Hochgeschwindigkeits-Flammsspritzen, das Lichtbogenspritzen, das Plasmaspritzen, das Detonationsspritzen oder das Laserspritzen bekannt.

Thermische Spritzverfahren werden in allgemeiner Form beispielsweise in

- Übersicht und Einführung in das "Thermische Spritzen", Peter Heinrich, Linde-Berichte aus Technik und Wissenschaft, 52/1982, Seiten 29 bis 37,

oder

- Thermisches Spritzen - Fakten und Stand der Technik, Peter Heinrich, Jahrbuch Oberflächentechnik 1992, Band 48, 1991, Seiten 304 bis 327, Metall-Verlag GmbH,

beschrieben.

In jüngerer Zeit wurde darüber hinaus ein weiteres thermisches Spritzverfahren entwickelt, welches auch als Kaltgasspritzen bezeichnet wird. Es handelt sich dabei um eine Art Weiterentwicklung des Hochgeschwindigkeits-Flammsspritzens. Dieses Verfahren ist beispielsweise in der europäischen Patentschrift EP 0 484 533 B1 beschrieben. Beim Kaltgasspritzen kommt ein Zusatzwerkstoff in Pulverform zum Einsatz. Die Pulverpartikel werden beim Kaltgasspritzen jedoch nicht im Gasstrahl geschmolzen. Vielmehr liegt die Temperatur des Gasstrahles unterhalb des Schmelzpunktes der Zusatzwerkstoffpulverpartikel (EP 0 484 533 B1). Im Kaltgasspritzverfahren wird also ein im Vergleich zu den herkömmlichen Spritzverfahren "kaltes" bzw. ein vergleichsweise kälteres Gas verwendet. Gleichwohl wird das Gas aber ebenso wie in den herkömmlichen Verfahren erwärmt, aber in der Regel lediglich auf Temperaturen unterhalb des Schmelzpunktes der Pulverpartikel des Zusatzwerkstoffes.

In allen diesen erwähnten thermischen Spritzverfahren wird die Einhaltung der je nach Anforderung erwünschten Qualität der Spritzschicht angestrebt.

Eine zerstörungsfreie Prüfung der Spritzschichten ist mit erheblichen Einschränkungen verbunden und mit großen Schwierigkeiten behaftet. Diese Art der Untersuchung als Qualitätssicherung kommt daher nicht in Betracht.

Es wird daher versucht, die Reproduzierbarkeit, die Erfüllung von Qualitätsansprüchen und die Einhaltung vorgegebener Qualitätsanforderungen durch Erfassung, Kontrolle und/oder Überwachung der Einflußparameter beim thermischen Spritzen gewährleisten zu können. Das bedeutet, relevante Prozeßparameter werden gemessen, geregelt und gegebenenfalls auch dokumentiert. Derartige Parameter sind beispielsweise die Gasflüsse (Trägergas und/oder gegebenenfalls Brenngas), die Stromstärken, der Spritzabstand, der Spritzwinkel (Winkel zwischen Spritzstrahl und Substratoberfläche), die Relativgeschwindigkeit des Spritzstrahls

zur Substratoberfläche, die Einbringung des Zusatzwerkstoffes, die Menge des Spritzpulvers bzw. die Drahtvor-schubgeschwindigkeiten etc.

Es ist prinzipiell möglich, mittels einer Hochgeschwindigkeitskamera den thermischen Spritzprozeß aufzunehmen und damit Informationen über die Qualität der Spritzschicht beeinflussenden Merkmale des thermischen Spritzprozesses zu gewinnen. Allerdings ist die Handhabung von Hochgeschwindigkeitskameras nicht unproblematisch. So treten in der Regel Überbelichtungen auf. Der entscheidende Nachteil liegt aber darin, daß zunächst eine Entwicklung der Aufnahmen erforderlich ist und daher keine Möglichkeit zur Qualitätsanpassung während oder im Laufe der Erzeugung der Spritzschicht gegeben ist.

Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, das eingangs genannte Verfahren und die eingangs genannte Anlage weiterzubilden, wobei eine Bewertbarkeit der Qualität der erzeugten Spritzschichten während des Spritzprozesses gegeben sein sollte. Wenn möglich sollte zusätzlich die Möglichkeit, regulierend in den Spritzprozeß eingreifen zu können, gegeben sein. Außerdem sollte insgesamt das Spritzverfahren und die zugehörige Anlage zur Erzeugung der Spritzschicht verbessert und/oder deren Leistungsfähigkeit vergrößert werden.

Die gestellte Aufgabe wird hinsichtlich des Verfahrens dadurch gelöst, daß mittels einer digitalen Kamera zumindest ein die Qualität der Spritzschicht beeinflussendes Merkmal des thermischen Spritzprozesses erfaßt, kontrolliert und/oder überwacht wird.

In der Anlage ist entsprechend eine digitale Kamera zur Erfassung, Kontrolle und/oder Überwachung zumindest eines die Qualität der Spritzschicht beeinflussenden Merkmals des thermischen Spritzprozesses vorgesehen.

Die Qualität der Spritzschicht beeinflussende Merkmale des thermischen Spritzprozesses sind dem Fachmann bekannt. Dies können entweder Parameter des Spritzprozesses selbst und/oder mit einem oder mehreren Parametern korrespondierende und/oder daraus abgeleitete Größen sein. Beispielsweise sind dies:

- Die Einbringung des Spritzzusatzwerkstoffes in die Brenngas-Sauerstoff-Flamme beim Flammsspritzen oder in das Plasma beim Plasmaspritzen,
- die Charakteristik der Aufschmelzzone (Größe, Intensität, etc.).

Die erfindungsgemäße Diagnostik durch Erfassung, Kontrolle und/oder Überwachung von die Qualität der Spritzschicht beeinflussenden Merkmalen des thermischen Spritzprozesses führt zu einer vom Aufwand her relativ einfachen aber außerordentlich effizienten Qualitätssicherung für das thermische Spritzen. So kann beispielsweise in Betrieben, welche das thermische Spritzen einsetzen, gleichzeitig aber häufig wechselnde Spritzanwendungen auftreten, die Reproduzierbarkeit von Spritzschichten anhand einer Bewertung von qualitätsprägenden Merkmalen bzw. von Parametern und/oder Größen des Spritzprozesses über Bildstandards dieser Diagnostik gewährleistet und die Spritzschichten sehr schnell auf gleichbleibende Qualität gebracht werden. Dabei ist wichtig, daß eine Beeinträchtigung des thermischen Spritzprozesses oder eine Beschädigung der Spritzschicht durch die Erfassung, Kontrolle und/oder Überwachung der Qualitätsmerkmale aufgrund des rein optischen Zugangs auf jeden Fall ausgeschlossen ist. Andererseits kann beispielsweise aber auch nach längerer Zeit gewährleistet werden, daß die gleiche Anwendung mit gleicher Spritzqualität gespritzt wird, wenn beispielsweise die Charakteristik des Bildes in der Zone des Aufschmelzens identisch mit der frühe-

ren ist.

Als Digitalkamera können sowohl digitale Bildkameras wie auch digitale Videokameras eingesetzt werden. Es können also einerseits Einzelbilder und/oder als Sequenzen zu einem Film zusammengesetzte Videobilder die geforderte Erfassung, Kontrolle und/oder Überwachung bringen, wobei die Grenze zwischen Einzelbildern auf der einen Seite und Film auf der anderen Seite ohnehin nicht scharf definiert ist, aber als Untergrenze für die Bildfrequenz bei einem Film aufgrund der Trägheit des menschlichen Auges etwa 16 Bilder pro Sekunde betrachtet werden können.

Mit Vorteil kann die Erfassung, Kontrolle und/oder Überwachung mit der digitalen Kamera zur Regelung und gegebenenfalls zur Optimierung eines oder mehrerer Parameter verwendet werden. Die Digitaltechnik ermöglicht es problemlos, daß die erfindungsgemäß zur Erfassung, Kontrolle und/oder Überwachung der Qualität der Spritzschicht dienenden Aufzeichnungen unmittelbar im laufenden Spritzprozeß sichtbar gemacht und/oder ausgewertet werden und so eine optimierende Regelung von Spritzparametern stattfinden kann. Die Optimierung der Parameter trägt zur Wirtschaftlichkeit des thermischen Spritzprozesses bei, da ein uneffektiv hoher Verbrauch eines oder mehrerer im thermischen Spritzverfahren benötigter Stoffe (z. B. Gasmengen, Zusatzwerkstoffe) vermieden werden und somit eine Ersparnis erzielt werden kann.

Im Rahmen der Erfindung kann das ganze Vielfalt der Darstellungsmöglichkeiten, welche die Digitaltechnik eröffnet, ausgenutzt werden. Selbstverständlich können je nach Einzelfall unterschiedliche Darstellungsvarianten – auch beispielsweise rechnerisch überarbeitete oder verfremdete – bestimmte Vorteile mit sich bringen.

Die Darstellung der Bilder oder Videoaufzeichnungen kann dabei grundsätzlich schwarzweiß oder farbig erfolgen, wobei auch Mischformen mit beispielsweise teilweiser farbiger Darstellung möglich sind. Neben einer normalen Darstellung können beispielsweise auch inverse Darstellungen und/oder Darstellungen in Gradientenstufen (z. B. gradientenbetonte auf Bitebene reduzierte Darstellung) zum Einsatz kommen.

In Weiterbildung der Erfindung kann die mit Hilfe der digitalen Kamera angefertigte Aufzeichnung zur Dokumentation eines oder mehrerer die Qualität der Spritzschicht beeinflussenden Merkmale und/oder des Spritzprozesses an sich verwendet werden.

Die Erfindung hat sich in Tests und Versuchen bestens bewährt.

Im folgenden soll die Erfindung anhand eines Beispiels näher erläutert werden.

Hierbei zeigen

Fig. 1: eine normale Darstellung eines Plasmaspritzprozesses mit unterschiedlichem Trägergasfluß,

Fig. 2: eine inverse Darstellung desselben Plasmaspritzprozesses mit unterschiedlichem Trägergasfluß und

Fig. 3: eine gradientenbetonte auf Bitebene reduzierte Darstellung desselben Plasmaspritzprozesses mit unterschiedlichem Trägergasfluß.

In den Fig. 1, 2 und 3 sind am Beispiel des Plasmaspritzens als thermisches Spritzverfahren jeweils drei Bilder a), b) und c) mit unterschiedlichen Trägergasmengen bzw. Trägergasdrücken dargestellt.

Angestrebt wird, daß das von oben eingebrachte Pulver (d. h. in diesem Fall der Zusatzwerkstoff) im Zentrum des in den dargestellten Bildern im wesentlichen horizontal von links nach rechts verlaufenden Plasmastrahls nach seiner Umlenkung um etwa 90° aufgeschmolzen und auf die vorbereitete (in den Fig. 1 bis 3 nicht gezeigte) Oberfläche des zu beschichtenden Substrates geschleudert wird. Ist die Trä-

gergasmenge bzw. der Trägergasdruck zu gering, wird der Zusatzwerkstoff vom Plasmastrahl abgehalten und bleibt an der Oberkante des Plasmastrahls, ohne ausreichend in den Plasmastrahl eindringen zu können. Ist auf der anderen Seite die Trägergasmenge bzw. der Trägergasdruck zu groß gewählt, wird der Zusatzwerkstoff zumindest teilweise durch den Plasmastrahl hindurchgeblasen.

In den Fig. 1, 2 und 3 ist jeweils

- im Teilbild a) ein optimaler Trägergasfluß,
- im Teilbild b) ein zu geringer Trägergasfluß und
- im Teilbild c) ein zu hoher Trägergasfluß

dargestellt.

Die gezeigten Darstellungsvarianten

- mit einer normalen (unveränderten, dem Sichtbaren entsprechenden), schwarzweißen Darstellung in Fig. 1,
- mit einer inversen Darstellung mit einer gegenüber Fig. 1 Vertauschung von schwarz und weiß in Fig. 2 und
- schließlich mit einer gradientenbetonten auf Bitebene reduzierten Darstellung der Bilder aus Fig. 2 in Fig. 3

geben einen Eindruck von den Möglichkeiten, die in unterschiedlichen Darstellungen liegen.

Patentansprüche

1. Verfahren zum thermischen Spritzen zur Erzeugung einer Spritzschicht auf der Oberfläche eines Substrates, wobei ein gegebenenfalls an- oder aufgeschmolzener Zusatzwerkstoff unter Einsatz eines Gases oder Gasgemisches auf die zu beschichtende Oberfläche des Substrates geleitet wird, dadurch gekennzeichnet, daß mittels einer digitalen Kamera zumindest ein die Qualität der Spritzschicht beeinflussendes Merkmal des thermischen Spritzprozesses erfaßt, kontrolliert und/oder überwacht wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als Kamera eine digitale Bildkamera oder eine digitale Videokamera eingesetzt wird.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Erfassung, Kontrolle und/oder Überwachung mit der digitalen Kamera zur Regelung und gegebenenfalls zur Optimierung eines oder mehrerer Parameter verwendet wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Bilder oder Videoaufzeichnungen schwarzweiß und/oder farbig dargestellt werden.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Bilder oder Videoaufzeichnungen invers dargestellt werden.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Bilder oder Videoaufzeichnungen in Gradientenstufen dargestellt werden.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die mit Hilfe der digitalen Kamera angefertigte Aufzeichnung zur Dokumentation eines oder mehrerer die Qualität der Spritzschicht beeinflussenden Merkmale und/oder des Spritzprozesses an sich verwendet wird.
8. Anlage zur Erzeugung einer Spritzschicht auf der Oberfläche eines Substrates mittels eines thermischen Spritzverfahrens umfassend Mittel zum Zuführen eines gegebenenfalls an- oder aufgeschmolzenen Zusatz-

werkstoffes und eines Gases oder Gasgemisches, dadurch gekennzeichnet, daß eine digitale Kamera zur Erfassung, Kontrolle und/oder Überwachung zumindest eines die Qualität der Spritzschicht beeinflussenden Merkmals des thermischen Spritzprozesses vorgesehen ist. 5

9. Anlage nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß eine digitale Bildkamera oder eine digitale Videokamera vorgesehen ist.

10. Anlage nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß Mittel zur Regelung und gegebenenfalls zur Optimierung eines oder mehrerer Parameter anhand der Bilder oder Videoaufzeichnungen vorhanden sind. 10

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

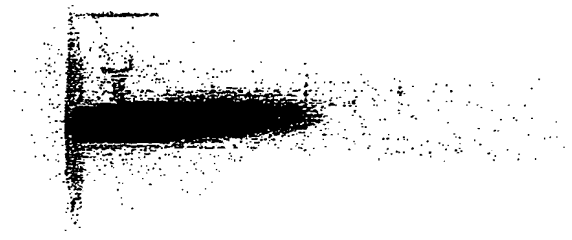
- Leerseite -

Fig. 2

a)



b)

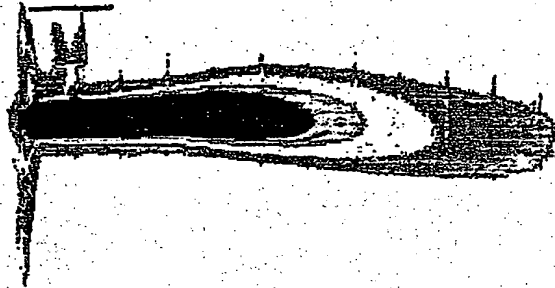


c)

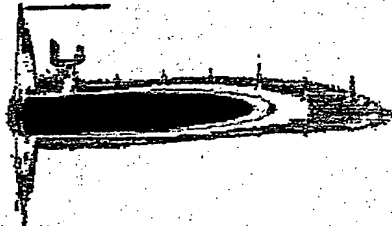


Fig. 3

a)



b)



c)

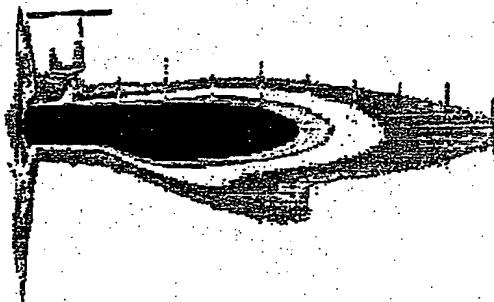
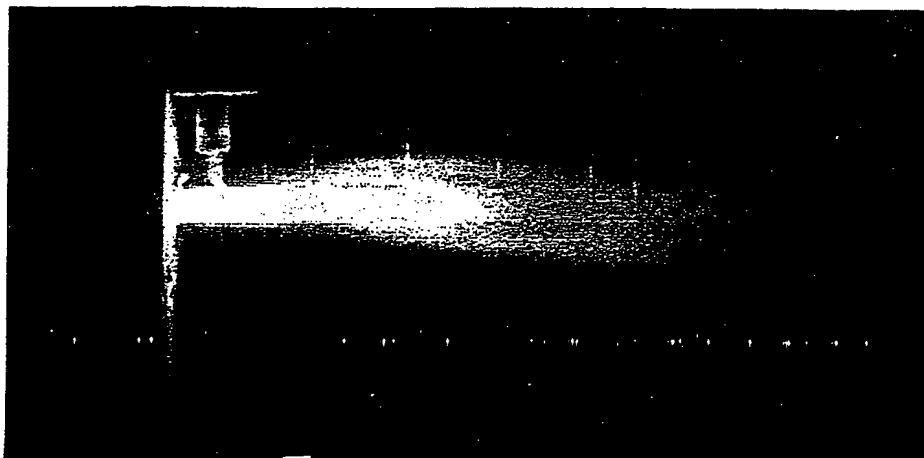
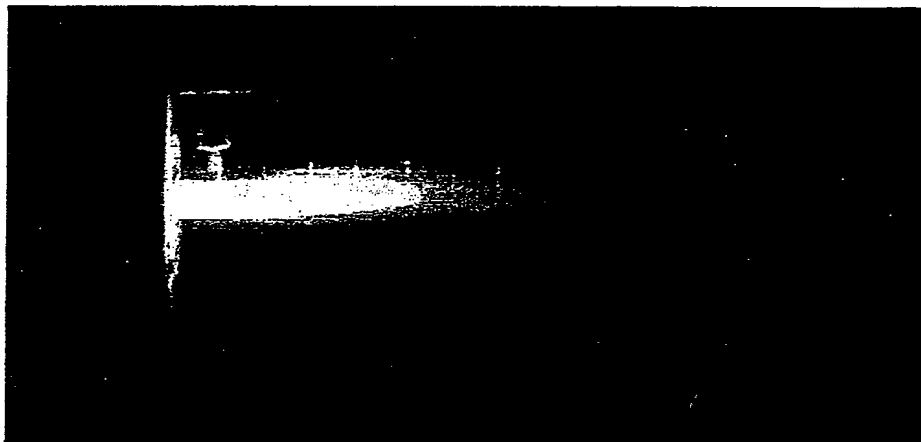


Fig. 1

a)



b)



c)

